Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.107- 120

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص.120-107

امکان‌سنجی تولید شکلات شیری حاوی پودر بزرک و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی آن

نفیسه رواتاب[1]- سیمین اسداللهی[2]*- محمدرضا اسحاقی[2]

تاریخ دریافت: 1396/12/13
تاریخ پذیرش: 1397/05/04

چکیده

شکلات شیری یکی از پرمصرف‌ترین شکلات‌هایی است که ترکیبات اصلی آن شامل پودرکاکائو، شکر، کره‌کاکائو و پودر شیر خشک می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر این است که با استفاده از پودر دانه بزرک به‌عنوان جایگزین پودر و کره‌کاکائو، شکلاتی با میزان کالری پایین و همچنین به واسطه میزان بالای امگا- 3 در پودر بزرک، شکلاتی غنی شده با خواص درمانی تولید شود. تیمارهای پژوهش شامل شاهد، L_{10}، L_{20}، L_{30} و L_{40} به‌ترتیب با مقادیر صفر، 10، 20، 30 و 40 درصد پودر بزرک بودند که جایگزین کره و پودر کاکائو، شیر خشک و شکر شدند. آزمایش‌های انجام شده شامل بررسی خواص فیزیکوشیمیایی (قند، چربی، اسیدیته، رطوبت، پراکسید، خاکستر، اندازه ذرات، ویسکوزیته ظاهری و سنجش میزان امگا-3)، بافت‌سنجی و حسی بودند. طبق نتایج، بین تیمارهای مختلف از نظر میزان چربی، قند، اندازه ذرات، ویسکوزیته ظاهری، مقدار نفوذپذیری، پذیرش دهانی، پذیرش بویایی، پذیرش بافت، صدای شکست، پذیرش رنگ و باقی مانده امگا-3، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در صورتی که در مقدار خاکستر، پراکسید، اسیدیته و رطوبت این اختلاف معنی‌دار نبود. مطابق نتایج، تیمار L_{30} به جهت دارا بودن امگا 3 و همچنین مطلوبیت در ویژگی‌های بافتی و خواص حسی به‌عنوان تیمار برتر معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: شکلات شیری، پودر بزرک، امگا-3، خواص فیزیکوشیمیایی.

مقدمه

شکلات به علت دارا بودن طعم و بافت منحصر به فرد و ایجاد حس لذت و آرامش پس از مصرف، طرفداران زیادی در همه گروه‌های سنی دارد و مصرف آن در سال‌های اخیر روندی رو به رشد داشته‌است. شکلات عبارت است از مخلوط یکنواخت و نیمه جامد از ذرات شکر و کاکائو (و مواد دیگر که بستگی به فرمولاسیون و نوع آن دارد) در فازی پیوسته که به‌طور معمول شامل کره کاکائو می‌باشد. این محصول حاصل فرآیند کامل و صحیحی از مخلوط یک یا چند ماده اولیه همراه با مغز دانه کاکائو است. از این مواد اولیه می‌توان به شکر یا شیرین‌کننده‌های مجاز خوراکی، پودر شیر خشک، طعم دهنده‌ها و اسانس‌های مجاز خوراکی و نیز مغزهای دانه‌های گیاهی اشاره کرد(Afoakwa, 2010). شکلات علی‌رغم داشتن مقادیر بالای چربی و شکر، سهم قابل توجهی در تغذیه انسان از طریق تامین آنتی‌اکسیدان‌ها و پلی‌فنول‌ها دارد. همچنین دارای مواد معدنی مفید به‌خصوص پتاسیم، منیزیم، مس و آهن می‌باشد (Marsanasco *et al.*, 2015). در مرسوم‌ترین تقسیم بندی، شکلات به سه دسته، تلخ، شیری و سفید تقسیم می‌شود که محتوا و میزان پودر کاکائو، چربی، شکر و نیز میزان شیر افزوده به آن‌ها متفاوت است. اساس خواص فیزیولوژیکی شکلات بر مبنای ترکیب فاز پیوسته چربی است که بر ویژگی‌هایی نظیر دمای مطلوب ذوب (37 درجه سلسیوس) و نیز حس دهانی تاثیر دارد (Fernandes, 2013). شکلات شیری یک سیستم پیچیده رئولوژیکی بوده که شامل فاز جامد (پودر کاکائو، پودر شکر و پودر شیر خشک بدون چربی) منتشر در فاز پیوسته کره‌کاکائو می‌باشد. در فرمولاسیون این فرآورده، میزان پودر کاکائو نباید از 25 درصد وزن کل مواد کمتر باشد. پودر شیر خشک از ترکیبات بسیار مهم این شکلات بوده که به‌طور معمول در حدود 20 درصد در حالت شیر کامل و یا 14درصد بدون چربی است. این ترکیب بر ویژگی‌های حسی تولید شده توسط محصول نهایی، نحوه تولید و ویژگی‌های رئولوژیکی تاثیرگذار است (Clercq *et al.*, 2012). همان‌گونه که گفته شد شکلات شامل سه ترکیب اساسی در مواد غذایی یعنی پروتئین، کربوهیدرات و چربی همراه با مواد معدنی ضروری می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن می‌توان با افزودن برخی مواد، خاصیت عملگرا بودن

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

(* - نویسنده مسئول: Email: asadollahi@iauvaramin.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.71406

را در آن فعال کرد (Beckett, 2000). غذاهای فراسودمند با منشا طبیعی دارای ظاهری مشابه با غذاهای متداول هستند که افزون بر ارزش تغذیه‌ای پایه، دست‌کم دارای یک خاصیت فیزیولوژیک مشخص و به اثبات رسیده در زمینه ارتقا سلامت و پیشگیری‌کننده یا کاهش‌دهنده بیماری هستند که می‌توانند توسط افزودن ترکیب سلامت بخش، حذف ترکیب مضر و یا تغییر و اصلاح در یک یا چندین ترکیب از ماده غذایی به‌دست آیند (Hui, 2007). اسیدهای چرب امگا- 3 اسیدهای چرب اشباع نشده با یک پیوند دوگانه (C=C) در سومین اتم کربن از انتهای زنجیره کربن هستند. اولین عضو خانواده امگا- 3، اسید آلفالینولنیک می‌باشد که در بدن انسان ساخته نمی‌شود از این رو به آن اسیدچرب ضروری گفته می‌شود و نقش بسیار مهمی در بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی بدن انسان دارد و به‌عنوان یک ضرورت در رژیم غذایی به حساب می‌آید. طبق بررسی‌های به‌عمل آمده، روغن ماهی مهم‌ترین منبع امگا-3 محسوب می‌شود اما کمبود منابع ماهی، مدت زمان ماندگاری کوتاه، بو و طعم نامطلوب، آلودگی و مهم‌تر از همه آلودگی ماهی‌ها به فلزات سنگین مانند جیوه و سرب، باعث شده تا امروزه بیشتر از منابع گیاهی برای تامین این ماده استفاده شود که در این میان بزرک دارای بالاترین میزان اسید چرب آلفا لینولنیک (حدود50 درصد) می‌باشد (Tur *et al*., 2012). بزرک (*Linume usitatissmum* L.) گیاهی است که دو محصول مهم آن یعنی فیبر حاصل از برگ‌ها و ساقه و نیز دانه آن شناخته شده‌است. از سالیان گذشته دانه بزرک جهت استخراج روغن خوراکی مورد استفاده قرارگرفته است. ترکیبات دانه بزرک عبارت از پروتئین 18- 25درصد، کربوهیدرات 23- 30 درصد و خاکستر بین 3 الی 5 درصد بوده و واریته روغنی این دانه دارای 35 الی 46 درصد روغن می‌باشد (Singh *et al*., 2013; Zuk *et al*., 2015). دانه بزرک بیشتر از هر دانه روغنی، در تولید غذاهای فراسودمند مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا حاوی اسیدهای آمینهٔ ضروری آرژنین، هیستیدین، گلوتامین و سیستئین بوده که دارای فیتواستروژن است و تولید استروژن گیاهی می‌کند و در همین راستا حامل ترکیبات فنولی است که خاصیت ضدسرطانی دارد. قابل توجه این‌که اسیدهای چرب غالب در این روغن، اسید پالمیتیک 6 درصد، اسید استئاریک 2/5 درصد، اسید اولئیک 19درصد، اسید لینولئیک 13درصد و آلفا لینولنیک اسید 55 درصد می‌باشند. اگرچه واضح است که محتوای روغن و ترکیب اسیدهای‌چرب غالب، با توجه به واریته، سازگاری گیاه به فصل رشد و همچنین اثرات زیست محیطی متغیر است (Salonia *et al*., 2006). حسن‌زاده و همکاران (1385) در تحقیقی خواص فیزیکوشیمیایی روغن دانه بزرک و اکسیداسیون آن را در شرایط انجماد و در روزهای صفر، هفت، سی، شصت و نود مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، مقدار عدد پراکسید در هفت روز اول نگهداری به مقدار 8/3 درصد افزایش نشان داد که اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود. اما پس از روز هفتم تغییرات عدد پراکسید در بین تیمارها معنی‌دار نبود و مقدار آن در حد استاندارد گزارش گردید (حسن‌زاده و همکاران، 1385). نمازی و همکاران (1390) در تحقیقی پیرامون امکان فرمولاسیون روغن فراسودمند از امگا- 3 و امگا- 6 با استفاده از دانه‌های بزرک و گلرنگ به این نتیجه رسیدند که نگهداری روغن مورد نظر در فریزر موجب باقی‌ماندن عدد پراکسید در محدوده استاندارد می‌شود (نمازی و همکاران، 1390). Clercq و همکاران (2012) در تحقیقی تاثیر پالایش کره‌کاکائو را بر کیفیت شکلات شیری مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق تاثیر مقادیر مختلف اسیدهای چرب بر روی خواص رئولوژیکی و ویژگی‌های ماکروسکوپی شکلات شیری مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، با اعمال بخار 250 درجه سلسیوس، وضعیت بافت و نیز کیفیت شکلات بهبود یافت (Clercq *et al*., 2012). همان‌گونه که گفته شد بیش از صد سال است که در بیشتر کشورها شکلات به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا و طعم مطلوب، یکی از پرطرفدارترین مواد غذایی محسوب می‌شود. از سوی دیگر با توجه به کم بودن میزان اسیدهای چرب ضروری و آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی روزانه، نیاز به جبران آن با مصرف غذاهای حاوی این ترکیبات احساس می‌شود. حال با توجه به موارد ذکر شده در مورد گیاه بزرک و روغن حاصل از آن و با در نظر گرفتن این نکته که ایران کشوری با شرایط بهینه جهت تولید دانه‌های روغنی حاوی امگا- 3 (به‌خصوص بزرک) می‌باشد، در این پژوهش امکان تولید شکلات شیری فراسودمند حاوی اسید چرب امگا- 3 از طریق این منبع گیاهی مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر مواد اولیه مورد نیاز به‌منظور تهیه شکلات شیری شامل پودر و کره کاکائو (Altinmarka، ترکیه)، پودر شکر از شرکت کشت و صنعت فارابی (ایران)، پودر شیر خشک بدون چربی از شرکت ایران کازئینات (ایران)، وانیل (Polar Bear، چین)، آنتی‌اکسیدان (شیمی‌دارو، ایران) و دانه بزرک واریته ایرانی (پاکان بذر، ایران) تهیه گردیدند.

روش تهیه شکلات شیری فراسودمند

دانه‌های بزرک با آسیاب خانگی خرد و سپس توسط سرندی با مش 2 میلی‌متر، پوسته از دانه‌های خرد شده جدا شد. به‌طور کلی برای هر تیمار 100 گرمی، 10 گرم پودر کاکائو، 40 گرم پودر شکر، 14گرم پودر شیر خشک بدون چربی، 32 گرم کره‌کاکائو، وانیل، لسیتین و آنتی‌اکسیدان (مقدار دقیق آنتی‌اکسیدان 200 میلی‌گرم بود) جمعا 4 گرم، در نظر گرفته‌شد (نمونه شاهد). در ادامه، دیگر تیمارهای تحقیق بر اساس جدول 1 تهیه شدند. به‌منظور تهیه شکلات‌ها ابتدا پودر کاکائو و کره ذوب شده کاکائو، وارد دستگاه بالمیل (استیل تهران، ایران) شده و به مدت 30 دقیقه چرخانده شدند. پودر شکر و پودر شیر خشک بدون

چربی به همراه وانیل و نمک به دستگاه اضافه و به مدت 1 ساعت خمیر شکلات در دستگاه همزده شد. مقدار یک سوم لسیتین به خمیر شکلات اضافه و مجددا به مدت 1 ساعت، خمیر مخلوط گردید. در ادامه یک سوم دیگر لسیتین به شکلات افزوده و 1 ساعت مخلوط کردن ادامه پیدا کرد. سرانجام یک سوم آخر لسیتین نیز افزوده شد و 1 ساعت دیگر عمل مخلوط کردن ادامه یافت. مخزن بالمیل از جنس فولاد ضدزنگ و ضدسایش دو جداره بود که آب گرم بین دو دیواره جریان داشت و دارای 25 کیلوگرم ساچمه با قطر 8 میلی‌متر بود. این دستگاه برای شکلات شیری، روی دمای 45 درجه سلسیوس تنظیم شد و عمل کاهش اندازه ذرات و ورز دادن با همزنی که سرعت دورانی آن 100 دور در دقیقه بود، در مدت زمانی مشخص انجام پذیرفت. پس از تخلیه شکلات از دستگاه بالمیل، فرآیند مشروط سازی دمایی نمونه‌ها به‌صورت دستی انجام شد. بدین منظور دمای نمونه‌ها به 50 درجه سلسیوس رسانده‌شد و سپس تا دمای 32 درجه سلسیوس خنک شدند آن‌گاه به مدت 15 دقیقه دمای نمونه‌ها از 30 درجه سلسیوس به 28/5 درجه سلسیوس رسانده شد و نمونه‌ها 10 دقیقه در این دما نگه داشته شدند (Beckett, 2000). سرانجام 100 گرم شکلات قالب‌گیری شد. قالب‌هایی از جنس پلی‌کربنات که جهت سهولت خروج شکلات به مدت 10 دقیقه درون آون گرم شده بودند. در ادامه نمونه‌های شکلات درون قالب‌ها ریخته و به‌منظور شبیه شدن به شرایط صنعتی، درون تونل خنک‌کننده خط تولید قرار داده شدند. پس از خروج از تونل خنک‌کن، شکلات‌ها از درون قالب جدا و درون ظروف در بسته نگهداری شدند. از هر تیمار 100 گرمی، 12 شکلات 8 گرمی‌آماده شد. تمام نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای 4 درجه سلسیوس درون یخچال نگهداری شدند. آزمون‌های شیمیایی تمام تیمارها به‌صورت دوره‌ای، هر ماه یک بار و به مدت 4 ماه انجام پذیرفتند اما آزمون‌های فیزیکی، حسی و سنجش باقی مانده امگا- 3 در انتهای ماه چهارم انجام شدند. قابل توجه این‌که نمونه‌های شکلات در شرکت کیان شکلات کیمیا تهیه گردیدند. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی در آزمایشگاه این شرکت اما آزمایش‌های بافت‌سنجی در مرکز تحقیقات کشاورزی کرج انجام پذیرفت. همچنین آزمون کروماتوگرافی گازی برای سنجش باقی‌مانده امگا-3 در آزمایشگاه مرکزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد.

جدول 1- تیمارهای تحقیق

نمونه	شکر	پودر کاکائو	کره کاکائو	شیر خشک بدون چربی	وانیل	لسیتین و آنتی‌اکسیدان	بزرک
شاهد(C)	40 درصد	9 درصد	34/6 درصد	14/34 درصد	0/08 درصد	1/98 درصد (فقط لسیتین)	0 درصد
L10	36 درصد	8 درصد	30/6درصد	13/3درصد	0/1 درصد	2 درصد	10 درصد
L20	32 درصد	7/2 درصد	27/5 درصد	11/2 درصد	0/1 درصد	2 درصد	20 درصد
L30	29 درصد	6درصد	23/5درصد	9/4 درصد	0/1 درصد	2 درصد	30 درصد
L40	24 درصد	4/9درصد	21 درصد	8 درصد	0/1 درصد	2 درصد	40 درصد

اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شکلات شیری فراسودمند

در این پژوهش میزان رطوبت مطابق استاندارد AOAC، به شماره10-977 به روش کارل فیشر، چربی مطابق استاندارد AOAC، به شماره 15-963 به روش سوکسله، خاکستر مطابق استاندارد AOAC، به شماره 02-942، عدد پراکسید مطابق استاندارد AOAC، به شماره Cd 8-53، اسیدیته مطابق استاندارد AOAC، به شماره Cd 3-63، میزان قند (ساکارز) به روش لین‌آینون و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 608 اندازه‌گیری شدند (Anonymous, 2005; Anonymous, 2004).

اندازه‌گیری میزان گرانروی ظاهری

این ویژگی با استفاده از دستگاه ویسکومتر (MYR، اسپانیا) اندازه‌گیری شد. ابتدا شکلات‌ها در دمای 32 درجه سلسیوس به صورت ذوب شده به مدت 10 دقیقه هم زده‌شدند و سپس همگن گردیدند. آن‌گاه بشری 150 میلی‌لیتری پر از شکلات شد و محور گردان دستگاه جهت سنجش گرانروی در آن قرار داده شد. عدد روی نمایشگر دستگاه نشان‌دهنده گرانروی ظاهری نمونه‌ها بود (Afoakwa, 2010).

تعیین اندازه ذرات

اندازه ذرات با استفاده از دستگاه زتاسایزر (MITUTOYO، ژاپن) تعیین گردید. ابتدا 5 گرم شکلات مذاب انتخاب و در دمای 32 درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، پیچ تنظیم حدود 2 سانتی‌متر باز و نمونه‌ها روی میله پیچ تنظیم ریخته شدند. در ادامه بستن پیچ تنظیم آغاز شد و هر زمان که پیچ تنظیم نچرخید، عمل بستن متوقف و اندازه مشخص شده بر روی نشانگر دیجیتال به‌عنوان اندازه ذرات بر حسب میکرومتر یادداشت شد (Anonymous, 2004).

تعیین میزان سختی بافت

سختی نمونه‌های شکلات به روش‌های مختلف با دستگاه بافت‌سنج اندازه‌گیری می‌شود. در این پژوهش از روش اندازه‌گیری

میزان نفوذ استفاده شد که نشانگر سختی مربوط به گاز زدن شکلات است. برای این منظور از دستگاه بافت‌سنج (Hounsfield/ H5KS، انگلستان) استفاده گردید. ابتدا قطعات شکلات به ابعاد10×20×100 میلی‌متر آماده و سپس به مدت 6 ساعت در انکوباتور یخچال‌دار (Rumed–TYPE 1001) در دمای 20 درجه سلسیوس نگهداری شدند. در این آزمون از پروب شماره 1/6، سرعت نفوذ 1/5 میلی‌متر در ثانیه و عمق نفوذ 6 میلی‌متر استفاده شد. حداکثر نیروی اندازه‌گیری شده به‌عنوان شاخص سختی گزارش گردید (Afoakwa *et al*., 2008).

تعیین مقدار امگا-3

جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه بزرک، از دستگاه گازکروماتوگرافی مدل (Agilent 6890A) با ستون موینین (BPX70) به طول 30 متر و دستگاه آشکارساز (FID)2 استفاده شد. همچنین از گاز هلیوم با درصد خلوص 99/999% و با سرعت جریان 1ml/min به‌عنوان گاز کامل استفاده‌گردید. دمای ستون 190°C (برنامه دمایی: 170°C به مدت 6 دقیقه، با سرعت 40°C/min به دمای 180°C رسانده شد و در این دما به مدت 10 دقیقه باقی‌ماند و بعد با سرعت 20°C/min به دمای 190°C رسانده شد و در این دما به مدت 16 دقیقه باقی‌ماند)، دمای محل تزریق 240°C، دمای آشکارساز 280°C و میزان تزریق 0/2 میکرولیتر در نظر گرفته شده بود (Afoakwa *et al*., 2008).

آزمون‌های حسی

در آزمون حسی، از روش هدونیک 5 نقطه‌ای استفاده شد. هدف از انجام این آزمون، بررسی پذیرش حسی نمونه‌ها توسط ارزیابان آموزش دیده بود. صفت‌های مورد نظر توسط ارزیاب‌ها از یک (بد) تا پنج (عالی) امتیازدهی شدند (Afoakwa, 2010).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور تجزیه وتحلیل داده‌های حاصل از تحقیق، از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال(٪5=α) و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 14 و رسم نمودارها توسط نرم‌افزاز Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری مقدار چربی در نمونه‌های شکلات شیری فراسودمند

با توجه به جدول مقایسه میانگین 2، بیشترین مقدار چربی معادل 38/20 درصد در تیمار L40 و در ماه اول اما کمترین مقدار آن معادل 34/04 درصد در تیمار شاهد و در همان ماه مشاهده گردید.

جدول 2- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار چربی نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	34/13 ± 0/06[ab]	34/19 ± 0/06[ab]	34/26 ± 0/12[b]	34/20 ± 0/02[ab]
L20	35/87 ± 0/06[c]	35/94 ± 0/14[c]	35/98 ± 0/08[c]	35/89 ± 0/10[c]
L30	36/13 ± 0/03[c]	36/13 ± 0/11[c]	36/14 ± 0/10[c]	36/10 ± 0/08[c]
L40	38/15 ± 0/44[d]	38/09 ± 0/05[d]	38/08 ± 0/17[d]	38/15 ± 0/20[d]
شاهد	34/09 ± 0/06[a]	34/14 ± 0/05[ab]	34/09 ± 0/07[a]	34/13 ± 0/19[ab]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 5 درصد، اختلاف معنی‌دار ندارند.

بر اساس استاندارد شکلات ایران و نیز کدکس شکلات، حداقل مقدار چربی شکلات شیری می‌بایست 25درصد باشد. در مقایسه بین نمونه شاهد با تیمار L10، افزایش چربی نزدیک به 0/2 درصد مشاهده گردید که علت آن جایگزینی اندک بزرک با کره، شکر و پودر بود. در مورد تیمار L20 این افزایش نسبت به نمونه شاهد بیش از 1/5 درصد بود. در همین راستا با افزایش مقدار پودر بزرک و افزایش میزان چربی جایگزینی (42درصد پودر بزرک حاوی روغن است) نسبت به پودر کاکائو و شکر، این افزایش طبیعی به نظر می‌رسد. در ادامه در تیمارهای L30 و L40 این تفاوت به ترتیب به 2 و 4درصد رسید که نشان از جایگزینی بیشتر چربی دانه بزرک به‌جای شکر و پودر داشت. البته این افزایش بر روانی و طعم شکلات‌ها تاثیر مثبت نداشت و از میزان محبوبیت آن‌ها کاست.

نتایج اندازه‌گیری مقدار قند (ساکارز) در نمونه‌های شکلات شیری فراسودمند

طبق جدول 3، بیشترین مقدار قند معادل 39/94 درصد در تیمار شاهد و در ماه چهارم اما کمترین مقدار آن معادل 24/07 درصد در تیمار L40 و در ماه دوم مشاهده گردید.

مطابق تحقیقات انجام شده، مقدار کربوهیدرات دانه بزرک بسته به نوع نژاد آن، بین 23 تا 30 درصد گزارش شده است اما مقدار قند

این دانه تقریبا صفر است لذا با افزایش پودر بزرک کاهش مقدار قند تیمارها طبیعی به‌نظرمی‌رسد (Zuk *et al*., 2015; Singh *et al*., 2013). Soto-Cerda و همکاران (2013) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (Soto-Cerda et al., 2013).

نتایج اندازه‌گیری مقدار خاکستر در نمونه‌های شکلات شیری فراسودمند

مطابق جدول مقایسه میانگین 4، بیشترین مقدار خاکستر معادل 0/18 درصد در تیمار L10 و در ماه اول اما کمترین مقدار آن معادل 0/17 درصد در تیمار L30 و در ماه چهارم مشاهده گردید. مطابق استاندارد ایران حداقل میزان خاکستر در شکلات شیری 1 درصد می‌باشد (Anonymous, 2004). همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین 4، تاثیر متقابل تیمار و زمان بر مقدار خاکستر نمونه‌ها معنی‌دار نبود (p>0/05). البته باید توجه داشت که پروتئین (حدود 25 درصد) و پودر دانه بزرک (حدود 25 درصد) که جایگزین پودر کاکائو و شکر گردید سبب شد تا تغییرات بسیار جزئی در مقدار خاکستر پدید آید.

نتایج اندازه‌گیری مقدار پراکسید

طبق جدول مقایسه میانگین 5، بیشترین مقدار پراکسید معادل 0/172 درصد در تیمار L40 و در ماه چهارم اما کمترین مقدار آن معادل 0/141 درصد در تیمار شاهد و در ماه اول مشاهده گردید.

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار قند نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	35/90 ± 0/10[d]	35/84 ± 0/14[d]	35/95 ± 0/06[d]	35/95 ± 0/04[d]
L20	32/39 ± 0/04[c]	32/40 ± 0/06[c]	32/40 ± 0/01[c]	32/43 ± 0/02[c]
L30	28/69 ± 0/07[b]	28/72 ± 0/04[b]	28/79 ± 0/18[b]	28/74 ± 0/05[b]
L40	24/12 ± 0/03[a]	24/07 ± 0/06[a]	24/12 ± 0/04[a]	24/07 ± 0/08[a]
شاهد	39/88 ± 0/11[e]	39/93 ± 0/06[e]	39/92 ± 0/13[e]	39/94 ± 0/14[e]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار خاکستر نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	0/181±0/005[a]	0/179±0/001[a]	0/180±0/002[a]	0/179±0/001[a]
L20	0/181±0/002[a]	0/180±0/004[a]	0/180±0/001[a]	0/182±0/002[a]
L30	0/180±0/001[a]	0/180±0/002[a]	0/181±0/003[a]	0/179±0/001[a]
L40	0/180±0/002[a]	0/181±0/002[a]	0/181±0/001[a]	0/180±0/001[a]
شاهد	0/180±0/001[a]	0/182±0/002[a]	0/181±0/001[a]	0/181±0/001[a]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار پراکسید نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	0/150±0/02[a]	0/150±0/02[a]	0/152±0/01[a]	0/154±0/02[a]
L20	0/156±0/02[a]	0/156±0/02[a]	0/157±0/02[a]	0/158±0/02[a]
L30	0/160±0/02[a]	0/160±0/02[a]	0/160±0/02[a]	0/161±0/02[a]
L40	0/169±0/02[a]	0/169±0/02[a]	0/170±0/02[a]	0/172±0/02[a]
شاهد	0/141±0/02[a]	0/142±0/02[a]	0/143±0/02[a]	0/143±0/02[a]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

تغییرات مقدار پراکسید تیمارها با توجه به حضور روغن‌های حساسی مانند روغن بزرک در فرمولاسیون معنی‌دار نبود ($p>0/05$). مطابق جدول مقایسه میانگین 5 و با توجه به نگهداری نمونه‌ها در یخچال و استفاده از آنتی‌اکسیدان، بین شاهد و تیمارهای مختلف و حتی در زمان‌های متفاوت اختلاف معنی‌دار از نظر مقدار پراکسید مشاهده نشد($p>0/05$).گرچه همان تغییرات اندک موجب اکسید شدن امگا- 3 در برخی تیمارها گردید. Juita و همکاران (2012) در تحقیقات خود بیان داشتند که نگهداری نمونه‌ها در دمای نزدیک به صفر درجه سلسیوس می‌تواند مانع اکسید شد و عدم افزایش عدد پراکسید نمونه‌ها شود.

نتایج اندازه‌گیری مقدار اسیدیته

مطابق جدول مقایسه میانگین 6، بیشترین مقدار پراکسید معادل 1/34 درصد در تیمار L20 و L30 و در ماه چهارم اما کمترین مقدار آن معادل 1/30 درصد در تیمار شاهد و در ماه سوم مشاهده گردید.

اسیدیته روغن موجود در پودر بزرک 0/2 درصد اندازه‌گیری شد که با توجه به کم بودن این مقدار، تغییرات معنی‌داری طی دوره نگهداری بین مقدار اسیدیته تیمارها مشاهده نشد. نمازی و همکاران (1390) در تحقیقی پیرامون امکان فرمولاسیون روغن فراسودمند از امگا-3 و امگا-6 با استفاده از دانه‌های بزرک و گلرنگ به این نتیجه رسیدند که نگهداری روغن مورد نظر در فریزر موجب باقی‌ماندن عدد پراکسید در محدوده استاندارد می‌شود (نمازی و همکاران، 1390).

نتایج اندازه‌گیری مقدار رطوبت

نظر به جدول مقایسه میانگین 7، بیشترین مقدار رطوبت معادل 0/41 درصد در تیمار L40 و در ماه چهارم اما کمترین مقدار آن معادل 0/32 درصد در تیمار شاهد و در ماه اول مشاهده گردید.

به‌طور کلی وجود رطوبت در شکلات سبب ایجاد لکه‌هایی کمرنگ‌تر (بلوم) بر روی آن می‌شود و از فاکتورهایی است که بر رشد میکروارگانیسم‌ها تاثیرگذار است. همچنین پایداری اکسیداتیو از مهم‌ترین پارامترهایی است که با افزایش رطوبت از مقدار آن کاسته می‌شود و احتمال اکسیداسیون افزایش می‌یابد. مطابق جدول 7، مقدار رطوبت نمونه‌های حاوی سطوح مختلف روغن بزرک به دلیل وجود فیبر در ساختار پودر بزرک افزایش یافت اما این اختلاف بین تیمارها و در مقایسه با نمونه شاهد معنی‌دار نبود. علت اصلی نتیجه حاصل را می‌توان به شرایط صحیح نگهداری نمونه‌ها نسبت داد. بسته‌بندی و نگهداری صحیح در محیط خشک و خنک از مناسب‌ترین روش‌ها جهت جلوگیری از ورود رطوبت احتمالی به درون شکلات است. Afoakwa (2010) در تحقیقات خود جهت حفظ کیفیت شکلات و جلوگیری از نفوذ رطوبت به درون آن‌ها، بسته‌بندی با مواد پلی‌اتیلنی را پیشنهاد نمودند.

جدول 6- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار اسیدیته نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	$1/30 \pm 0/01^a$	$1/32 \pm 0/04^a$	$1/31 \pm 0/01^a$	$1/31 \pm 0/02^a$
L20	$1/33 \pm 0/02^a$	$1/31 \pm 0/02^a$	$1/32 \pm 0/04^a$	$1/34 \pm 0/01^a$
L30	$1/33 \pm 0/01^a$	$1/33 \pm 0/02^a$	$1/32 \pm 0/02^a$	$1/34 \pm 0/02^a$
L40	$1/31 \pm 0/03^a$	$1/32 \pm 0/01^a$	$1/33 \pm 0/01^a$	$1/32 \pm 0/01^a$
شاهد	$1/32 \pm 0/01^a$	$1/31 \pm 0/02^a$	$1/30 \pm 0/01^a$	$1/33 \pm 0/01^a$

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

جدول 7- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر متقابل (تیمار× زمان) بر مقدار رطوبت نمونه‌های شکلات شیری (%)

تیمار	زمان (ماه)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
L10	$0/32 \pm 0/08^a$	$0/34 \pm 0/05^a$	$0/36 \pm 0/03^a$	$0/39 \pm 0/06^a$
L20	$0/32 \pm 0/08^a$	$0/37 \pm 0/05^a$	$0/37 \pm 0/05^a$	$0/39 \pm 0/06^a$
L30	$0/36 \pm 0/06^a$	$0/38 \pm 0/04^a$	$0/40 \pm 0/03^a$	$0/40 \pm 0/06^a$
L40	$0/38 \pm 0/06^a$	$0/40 \pm 0/04^a$	$0/41 \pm 0/03^a$	$0/41 \pm 0/06^a$
شاهد	$0/32 \pm 0/08^a$	$0/34 \pm 0/05^a$	$0/35 \pm 0/06^a$	$0/35 \pm 0/06^a$

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشند.

نتایج اندازه‌گیری اندازه ذرات، گرانروی ظاهری و نفوذپذیری

طبق جدول مقایسه میانگین 8، بیشترین اندازه ذرات شکلات در تیمار L40 و به مقدار 53/67 میکرومتر و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد و به مقدار 15/67 میکرومتر اندازه‌گیری شد و بیشترین مقدار گرانروی نیز در تیمار L40 و به مقدار 73/10 پاسکال. ثانیه و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد و به مقدار36/10 پاسکال. ثانیه به‌دست آمد. اما بیشترین مقدار نفوذ در تیمار شاهد و به مقدار 3/21 میلی‌متر و کمترین مقدار آن در تیمار L40 و به مقدار 1/81 میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

جدول 8- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر سطوح مختلف تیمار بر اندازه ذرات، گرانروی و نفوذپذیری

تیمار	اندازه ذرات (µm)	مقدار گرانروی(Pa.s)	مقدار نفوذ (mm)
L10	24/67 ± 1/16[b]	49/83 ± 0/74[b]	3/16 ± 0/37[b]
L20	30/67 ± 1/53[c]	54/97 ± 0/06[c]	2/83 ± 0/14[b]
L30	40/67 ± 1/16[d]	66/47 ± 0/47[d]	2/67 ± 0/35[b]
L40	53/67 ± 1/53[e]	73/10 ± 0/26[e]	1/81 ± 0/37[a]
شاهد	15/67 ± 0/58[a]	36/10 ± 0/26[a]	3/21 ± 0/21[b]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشد.

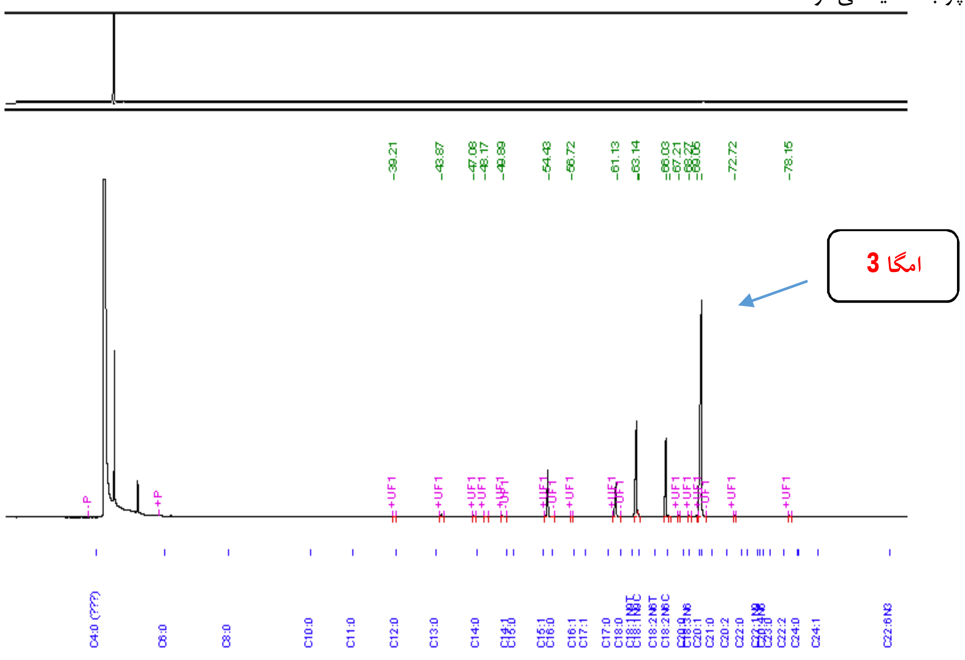
با توجه به نبود امکانات صنعتی نظیر غلطک‌های پودرکننده و آسیاب‌های صنعتی جهت پودر کردن دانه بزرک و در نتیجه درشت ماندن ذرات آن در این آزمون، اندازه ذرات شکلات تولید شده به‌طور نامناسبی افزایش نشان داد. البته پوست‌گیری و الک‌کردن با مش 20 تا حدودی شرایط را مطلوب‌تر نمود. اندازه ذرات شکلات طبق تحقیقات Beckett (2000) و Afoakwa (2010) و نیز کدکس شکلات متفاوت بیان شده‌است اما برای شکلات شیری این عدد بین 15 الی 20 میکرون مناسب گزارش شده‌است. در تیمار حاوی 10درصد این عدد 24 میکرون و در تیمار40درصد این مقدار حدود 53 میکرون گزارش شد. دامنه این اعداد نسبت به نمونه شاهد که حدود 15 میکرون اندازه‌گیری شده بود، خیلی زیاد بود به‌گونه‌ای که تیمار حاوی 40 درصد پودر بزرک حس خوشایندی در هنگام مصرف در فرد ایجاد نکرد. از سوی دیگر با توجه به جدول 8، بین تیمارهای مختلف از نظر تاثیر بر میزان گرانروی تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. اگرچه پودر بزرک دارای درصد روغن نسبتا بالایی است اما از علل اصلی افزایش گرانروی می‌توان به عدم یکنواختی بافت شکلات، عدم ایجاد پیوندهای صحیح بین بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز و درشت بودن اجزای سازنده شکلات اشاره کرد که در این تحقیق درشت بودن سایز و اندازه ذرات علت اصلی بالا بودن گرانروی می‌باشد (Denker *et al*., 2006). امروزه جهت تولید شکلات با کیفیت بالا می‌بایست اجزا پودری آن مانند پودر کاکائو و روغن جدا از هم باشند (Afoakwa *et al*, 2008; Afoakwa, 2010 2008). اما در فرمولاسیون شکلات شیری فراسودمند، پودر دانه بزرک حاوی فیبر و روغن همراه با هم به مواد اولیه اضافه شد که بهبود کیفیت نهایی حاصل نگردید. به‌طور کلی روند کاهش مقدار نفوذ با کاهش مقدار نیرو جهت نفوذ، رابطه مستقیم دارد که حکایت از کاهش انسجام بافت شکلات دارد. هرچه این مقادیر کمتر شود، اندازه ذرات درشت‌تر، میزان پذیرش دهانی کمتر، مشروط کردن دمایی سخت‌تر و تا حدودی غیرممکن و ذوب شدن شکلات در دمای محیط سریع‌تراتفاق می‌افتد (Ziegler *et al*., 2001). در تحقیق حاضر با افزایش مقدار پودر بزرک هرچند درصد چربی افزایش یافت اما اندازه ذرات درشت تر و ترکیب لسیتین نیز با ذرات موجود کمتر شد. بدین معنی که در تیمار L40 سطوح لسیتین پذیر کاهش و پیوند بین ذرات آب‌دوست و آب‌گریز کمتر گردید. از سوی دیگر عملا مشروط شدن دمایی و بافت مناسب مشاهده نشد به طوری که تیمار مذکور در دمای محیط به سرعت شروع به خمیری شدن نمود. Afoakwa (2010) در تحقیق خود نشان دادند که سختی بافت رابطه عکس با اندازه ذرات، مقدار چربی و مقدار لسیتین دارد.

نتایج اندازه‌گیری باقی‌مانده امگا-3 در نمونه‌های شکلات شیری

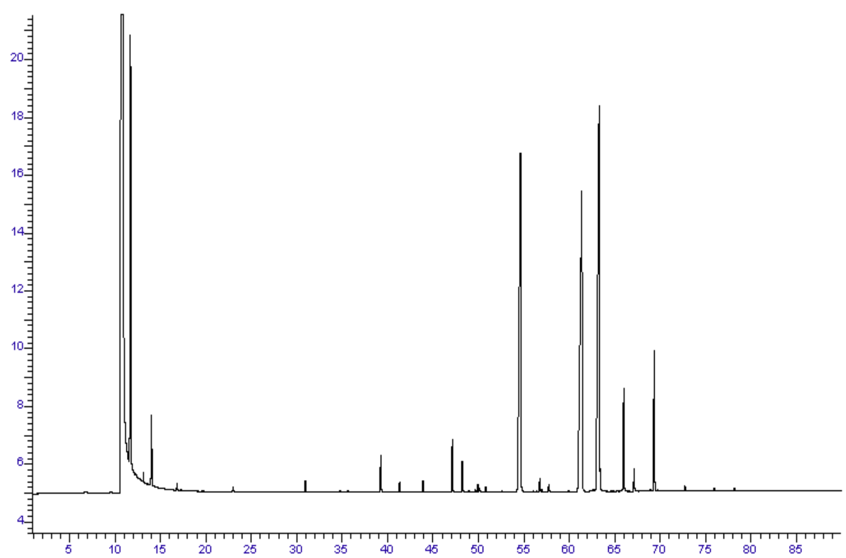
به‌منظور بررسی وجود و یا عدم وجود امگا- 3 در نمونه‌ها پس از گذشت 4 ماه، از کروماتوگرافی گازی استفاده شد. طبق نتایج، پس از 69/52 دقیقه در دانه بزرک و پس از 69/44 دقیقه در تیمارهای L40 و L30 امگا- 3 مشاهده گردید.

Zuk و همکاران (2015)، مقدار اسید چرب امگا- 3 را حدود 40 الی 60 درصد کل روغن موجود در دانه بزرک بیان کرده‌اند و نیز مقدار روغن دانه بزرک حدود 35-45 درصد وزن دانه گزارش شده است (Zuk *et al*., 2015; Singh *et al*., 2013). مطابق شکل‌های 1 الی 5، در تیمارهای L10 و L20 اسید چرب امگا-3 شناسایی نشد اما پس از 69/52 دقیقه در دانه بزرک و پس از 69/44 دقیقه در تیمارهای L40 و L30 امگا-3 مشاهده گردید. نتایج به‌دست آمده در کروماتوگرافی گازی نشان می‌دهد که احتمال باقی ماندن اسید چرب امگا- 3 در

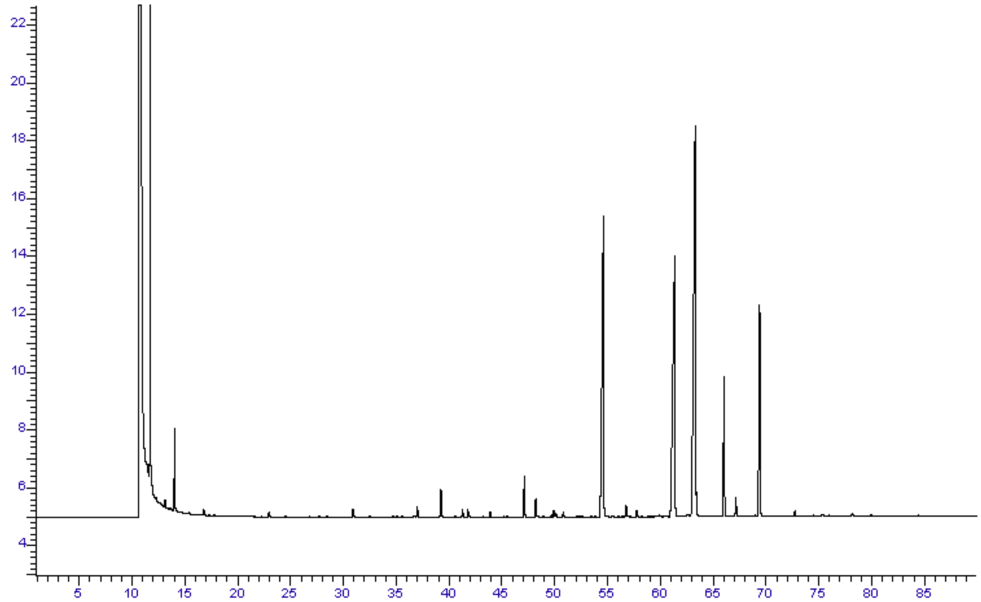
مقادیر زیر30 درصد حضور پودر بزرک درون شکلات بسیار اندک است و این اسید چرب اکسید می‌شود.



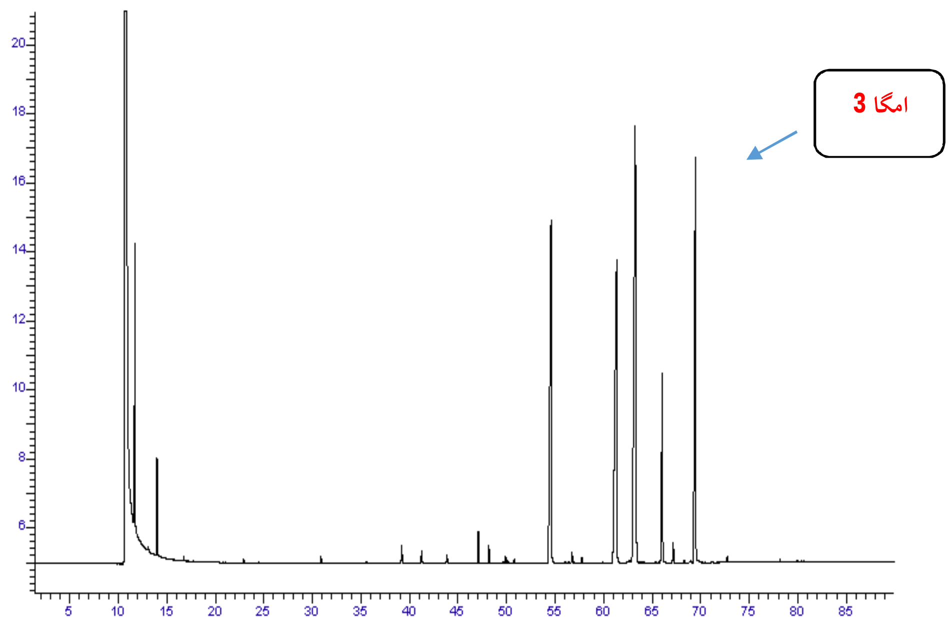
شکل 1- کروماتوگرافی دانه بزرک



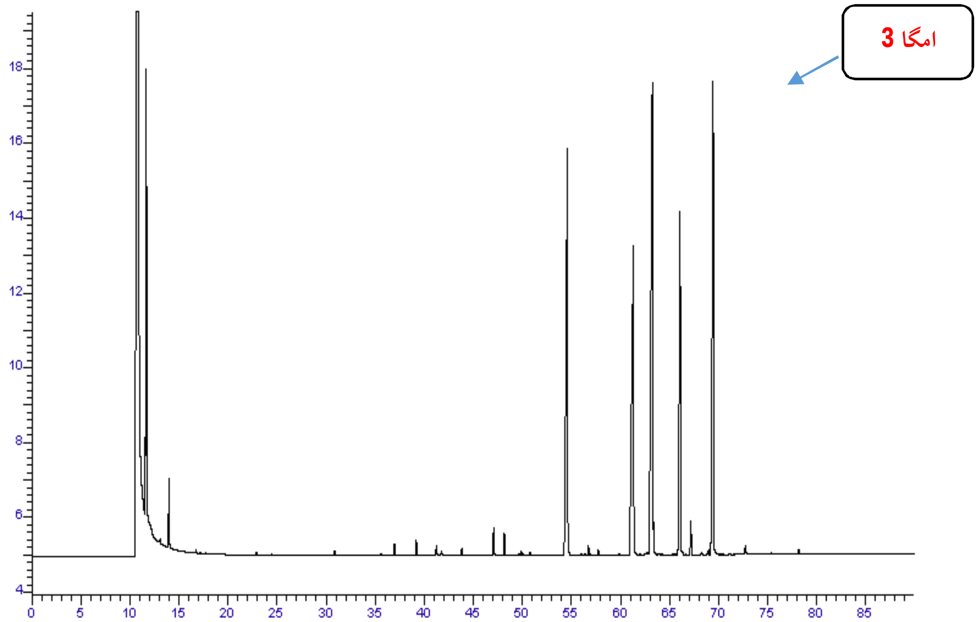
شکل 2- کروماتوگرام شکلات با10درصد پودر بزرک (L10)



شکل 3- کروماتوگرام شکلات با20درصد پودر بزرک (L20)



شکل 4- کروماتوگرام شکلات با30درصد پودر بزرک (L30)



شکل 5- کروماتوگرام شکلات با40 درصد پودر بزرک (L40)

Tirat و همکاران (2016) تاثیر مقادیر مختلف آنتی‌اکسیدان‌ها را بر روی مقدار اسید چرب امگا- 3 بزرک بررسی نمودند. طبق نتایج، حضور آنتی‌اکسیدان‌های صنعتی مانند BHA و BHT در مقادیر کم (<0/5 درصد) بر روی این اسید چرب تاثیر معنی‌دار نداشت. قابل توجه این‌که مقدار حد مجاز آنتی‌اکسیدان در شکلات از طرف سازمان استاندارد 200 میلی‌گرم در هر کیلوگرم (0/02 درصد) اعلام شده‌است که تاثیر چندانی بر روی اسید چرب ندارد (Tirat *et al*., 2016).

نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های شکلات شیری

طبق جدول مقایسه میانگین 9، بیشترین امتیاز پذیرش دهانی به تیمار شاهد و به مقدار 4/4 و کمترین مقدار آن به تیمار L40 و به مقدار 1/2تعلق گرفت. قابل توجه این که اختلاف بین کلیه تیمارها معنی‌دار بود. طبق نتایج، پذیرش دهانی نمونه‌ها با افزایش مقدار پودر بزرک کاهش یافت. علت نتیجه حاصل طعم نسبتا تلخ دانه و روغن بزرک بوده که به دلیل وجود سیکلولینو پپتید موجود در روغن بزرک می‌باشد. علت دیگر آن احساس ماسیدگی است زیرا به دلیل درشت بودن ذرات، تمپر شدن اتفاق نیفتاد (Afoakwa, 2010). از سوی دیگر بیشترین امتیاز پذیرش بویایی در تیمار شاهد و به مقدار 4/4 و کمترین مقدار آن در تیمار L40 و به مقدار 1/4 مشاهده گردید. همچنین اختلاف بین کلیه تیمارها معنی‌دار بود. با توجه به نتایج، با افزایش مقدار پودر بزرک و نیز کاهش مقدار شیرخشک، پودر آب پنیر و پودر کاکائو، از بوی شکلات شیری کاسته شد لذا چندان مورد پذیرش ارزیابان قرار نگرفت. در همین راستا بیشترین امتیاز پذیرش بافت به تیمار شاهد و به مقدار 4/8 و کمترین مقدار آن به تیمار L40 و به مقدار 1/6تعلق گرفت. همچنین بین کلیه تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. مطابق نتایج، با افزایش پودر بزرک رضایت ارزیابان از بافت شکلات کمتر شد. به طور کلی عدم انجام کامل مشروط کردن دمایی به علت وجود دانه های درشت پودر بزرک، موجب ذوب شدن سریع شکلات گردید. Afoakwa (2010) طی تحقیقات خود نشان داد که شکلات مطلوب تمپر شده که در دمای 25 درجه سلسیوس به مدت 5 ساعت نگهداری شده باشد، می‌بایست حداقل 30 ثانیه بر روی کف دست (حرارت بدن انسان) به‌صورت جامد مانده و سپس از لبه‌ها شروع به ذوب شدن کند (Afoakwa, 2010). اما در تیمارهای L30 و L40 این زمان به‌ترتیب 17 و 14 ثانیه اندازه‌گیری شد. از سوی دیگر در نمونه L40 به علت وجود40 درصد پودر بزرک در فرمولاسیون، از بافتی سست و شکننده برخوردار بود که نشان از عدم پیوندهای شیمیایی مناسب مابین بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز داشت. مطابق جدول مقایسه میانگین 9، بیشترین امتیاز صدای شکست به تیمار شاهد و به مقدار 4/6 و کمترین مقدار آن به تیمار L40 و به مقدار 1 تعلق گرفت. به‌طور کلی کیفیت صدای شکستن به پیوندهای شیمیایی مابین بخش‌های آب‌دوست (شکر) و آب‌گریز (روغن‌ها) مربوط است. از سوی دیگر روغن‌های مخصوص شکلات و فرآورده‌های کاکائویی، کره کاکائو و روغن جانشین کره کاکائو است که هر دو در دمای اتاق و هنگام مصرف

به علت نوع اسیدهای چرب به صورت جامد می‌باشند اما هنگام ورود به دهان در اثر حرارت بدن ذوب می‌شوند (Whitefield, 2005). حال در تیمارهای تحقیق با افزایش مقدار بزرک، روغن مایع در دمای اتاق به شکلات اضافه و از مقدار کره کاکائو کاسته شد. به همین علت در هنگام شکستن شکلات، به علت بافت نرم و خمیری‌تر صدای ایده‌آل شکستن توسط ارزیابان احساس نشد. در همین راستا بیشترین امتیاز پذیرش رنگ معادل 5 به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن معادل 1 به تیمار L40 تعلق گرفت. در اینجا نیز بین کلیه تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. به‌طور کلی با افزایش مقدار پودر بزرک، به علت مشاهده شدن دانه‌های تیره‌تر بر روی شکلات، کیفیت ظاهری و رنگ آن کاهش یافت.

جدول 9- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تأثیر سطوح مختلف تیمار بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های شکلات شیری

تیمار	ویژگی حسی				
	پذیرش دهانی	پذیرش بویایی	پذیرش بافت	صدای شکست	پذیرش رنگ
L10	3/8±0/04[c]	4/2±0/02[c]	3/4±0/05[c]	3/4±0/05[c]	4/2±0/05[d]
L20	3/4±0/05[b]	3/6±0/05[b]	3/2±0/1[b]	2/6±0/1[b]	3/4±0/05[c]
L30	3/4±0/05[b]	3/6±0/05[b]	3/1±0/1[b]	2/5±0/1[b]	3/2±0/04[b]
L40	1/2±0/02[a]	1/4±0/05[a]	1/6±0/05[a]	1/00±0/00[a]	1/00±0/00[a]
شاهد	4/4±0/05[d]	4/4±0/02[d]	4/8±0/45[d]	4/6±0/05[d]	5/00±0/00[e]

هر یک از داده‌ها بیانگر میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد مربوطه می‌باشد

نتیجه‌گیری

طبق نتایج، افزودن پودر بزرک تاثیر منفی بر ویژگی‌های شیمیایی هیچ‌کدام از تیمارها نداشت. نگرانی اساسی، اکسید شدن روغن موجود در پودر بزرک بودکه با نگهداری در دمای 4 درجه سلسیوس مقدار آن در تیمارها از حد استاندارد شکلات (2 درصد) بیشتر نشد. شکلات‌های تولید شده علی‌رغم دارا بودن مقدار *مناسب* شکر و پودر شیر خشک، به دلیل طعم نسبتا تلخ پودر و روغن بزرک، از طعمی تلخ در تیمارهای L30 و L40 برخوردار بودند اما در تیمار L10 این تلخی چندان زننده نبود. مقدار امگا 3 باقی مانده در تیمارهای L10 و L20 صفر بود و توسط دستگاه کروماتوگرافی شناسایی نشد. همچنین با افزایش مقدار پودر بزرک در تیمارها، گرانروی ظاهری نیز افزایش یافت. البته این شاخص در تیمار L40 آنقدر زیاد بود که حتی در قالب‌گیری مشکل ایجاد شد. بافت این تیمار آن‌قدر سست بود که در دمای محیط به شکل خمیر درآمد. از نظر ویژگی‌های حسی، امتیاز تیمار L40 با توجه به بافت به شدت ضعیف و خمیری، طعم نامناسب و تلخ آن و وجود دانه‌های بزرگ و زیاد پودر بزرک بر روی شکلات، کم بود. لذا تولید آن علی‌رغم دارا بودن مقدار مناسب امگا 3 منطقی به‌نظر نمی‌رسد. در مورد تیمار L30 وضعیت مطلوب‌تر بود اما در اینجا نیز به علت وجود دانه‌های درشت پودر بزرک، بافت نسبتا سست مشاهده گردید. البته پوشش طعم تلخ بزرک با شکر و پودر شیر خشک و وانیل موجب بهبود نظر کارشناسان و افزایش امتیاز از سوی آنان شد. قابل توجه این‌که ظاهر محصول از کیفیت بهتری نسبت به تیمار L40 برخوردار بود. در مورد تیمارهای L10 و L20 اگرچه امتیازهای کارشناسان مناسب‌تر بود اما به دلیل باقی نماندن امگا 3 در آن‌ها، تولید توجیه پذیر نمی‌باشد. در مجموع با لحاظ کردن تمام صفات، تیمار L30 به‌عنوان تیمار برتر معرفی گردید.

منابع

Afoakwa, E. O., 2010, Chocolate Science and Technology. Wiley – Blackwell Publishers, Oxford, U.K. 3-22.

Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M. and Vieira, J., 2008, Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87, 181-190.

Anonymous, 2004, Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Chocolate – specifications. ISIRI. No: 608. 3rd revision. Karaj. Iran.

Anonymous, 2005, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. USA.

Beckett, S. T., 2000, The Science of Chocolate. Royal Society of Chemistry Paperbacks, London, U. K.

Clercq, N., Moens, K., Depypere, K., Ayala, J., Calliauw, G., Greyt, W. and Dewettinck, K., 2012, Influence of cocoa butter refining on the quality of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 412–419.

Denker, M., Parat-Wilhelms, M., Drichelt, G., Paucke, J., Luger, A., Borcherding, K., Hoffmann, W. and Steinhart, H., 2006, Investigations of the retronasal flavour release during the consumption of coffee with additions of milk constituents by 'Oral Breath Sampling'. *Food Chemistry*, 98, 201–208.

Fernandes, V. A., Müller, A. J. and Sandoval, A. J., 2013, Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering*, 116, 97-108.

Hassan Zadeh, A., Sahari, M. H. and Barzegar, M., 2006, Physico-chemical characteristics of Flaxseed oil and its oxidation in frozen condition. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 13-20.

Hui, Y. H., 2007, Handbook of Food Products Manufacturing. Wiley – Interscience. 258.

Juita, Dlugogorski B. Z., Kennedy, E. M. and Mackie, J. C., 2012, Identification and quantification of VOC from oxidation of linseed oil. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 51, 5645–5652.

Marsanasco, M., Márquez, A. L., Wagner, J. R., Chiaramoni, N. S. and Alonso. S. D. V., 2015, Bioactive compounds as functional food ingredients: characterization in model system and sensory evaluation in chocolate milk. *Journal of Food Engineering*, 166, 55–63.

Namazi, L., Sahari, M. A., Zaringhalami, S. and Ghanati, K., 2011, Possibility of the functional oil production from flax (ω-3) and safflower (ω-6) seeds and evaluation of its physico-chemical properties during 4 months storage**.** *Journal of Medicinal Plants*, 4(40), 144-159.

Salonia, A., Fabbri, F., Zanni, G., Scavini, M., Fantini, G. V., Briganti, A., Naspro, R., Parazzini, F., Gori, E., Rigatti, P. and Montorsi, F., 2006, Chocolate and women’s sexual health: an intriguing correlation. *Journal of Sexual Medicine*, 3(3), 476–482.

Singh, K. K., Mridula, D., Barnwal, P. and Rehal, J., 2013, Selected engineering and biochemical properties of 11 flaxseed varieties. *Food Bioprocess Technology*, 6(2), 598–605.

Soto-Cerda, B. J., Diederichsen, A., Ragupathy, R. and Cloutier, S., 2013, Genetic characterization of a core collection of flax (*Linum usitatissimum* L.) suitable for association mapping studies and evidence of divergent selection between fiber and linseed types. *BMC Plant Biol*ogy, 13, 78.

Tirat, S., Degano, I., Echard, J. P., Lattuati-Derieux, A. and Lluveras-Tenorio, A., 2016, Historical linseed oil/colophony varnishes formulations: Study of their molecular composition with micro-chemical chromatographic techniques. *Microchemical Journal*, 126, 200-213.

Tur, J. A., Babiloni, M. M., Sureda, A. and Pons, A., 2012, Dietary sources of omega-3 fatty acids: Public health risks and benefits. *The British Journal of Nutrition*, 107, 23-52.

Whitefield, R., 2005, Making Chocolates in the Factory. London: Kennedy’s Publications.

Ziegler, G. R., Mongia, G. and Hollender, R., 2001, The role of particle size distribution of suspended solids in defining flow properties of milk chocolate. *International Journal of Food Properties*, 4(2), 353-370.

Zuk, M., Richter, D., Matuła, J. and Szopa, J., 2015, Linseed, the multipurpose plant. *Industrial Crops and Products*, 75, 165-177.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.107- 120

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص. 120-107

Feasibility of producing milk chocolate containing flaxseed powder and evaluating its physicochemical and organoleptic properties

N. Ravatab[1], S. Asadollahi[2*], M. R. Eshaghi[2]

Received: 2018.03.04
Accepted: 2018.07.26

Introduction: Chocolate is a complete and correct process of mixing one or more primary ingredients with the cocoa beans. These raw materials include the edible sweeteners or sugar, dry milk powder, edible essential oil and flavors as well as plant kernels. Despite high levels of fat and sugar, chocolate, has a significant contribution to human nutrition through the supply of antioxidants and polyphenols. It also has the beneficial minerals, especially potassium, magnesium, copper and iron. Milk chocolate is a complex rheological system that includes the solid phase (cocoa powder, sugar powder and no-fat dry milk powder) released in the continuous phase of cocoa butter. As mentioned, the chocolate contains three essential ingredients in foods, namely, protein, carbohydrate and fat, along with essential minerals that considering its physicochemical properties, the property of functionality can be activated in it by adding certain materials. The first member of omega-3 family is the alpha-linolenic acid that is not produced in the human body, hence it is called essential fatty acid and plays a very important role in many physiological responses of the human body and is considered as a necessity in the diet. The plant resources are healthier, cheaper, and more accessible. The highest amount of fatty acids, α-linolenic acid (short omega-3 chain), was found in plants. Among the plants, flaxseed has the highest fatty acid content (about 50%). Considering the above-mentioned cases, the possibility of producing the functional milk chocolate containing omega-3 fatty acid by this plant resource was investigated.

Materials and Methods: The treatments included control, L_{10}, L_{20}, L_{30} and L_{40} with the amounts of 0, 10, 20, 30 and 40% of flaxseed powder replacing butter, cocoa powder, dry milk and sugar. The experiments conducted included the study of physicochemical (sugar, fat, acidity, moisture content, peroxide, ash, particle size, texture and omega-3 levels) and sensory properties. In order to analyze the data of the research, a factorial experiment was used in a completely randomized design and the mean comparison was conducted by Duncan's multiple range test at the probability level of α =5%.

Results & discussion: The results obtained by studying the effect of adding flaxseed powder on the physicochemical properties, color, texture and sensory properties of functional milk chocolate showed that the addition of this material does not have a negative effect on the chemical properties of any treatment. The biggest concern was the oxidation of the oil in the flaxseed powder, which was solved with keeping conditions at 4 ° C and in none of the treatments the amount of peroxide did not increase more than the standard of chocolate (2%). On the other hand, the moisture content of the chocolate remained at the standard level due to the proper packaging and dry storage. Chocolate produced had a bitter taste in L30 and L40 treatments, despite having a good amount of sugar and dry milk powder, due to the relatively bitter taste of flaxseed oil and powder, but this bitterness was not so bad and unpleasant in L10 treatment. Chocolate acidity was not changed undesirably by adding flaxseed powder and replacing some of its oil with cocoa butter. Since the particle size of the flaxseed powder was more than that of cocoa powder and sugar, it reduced the volumetric surface, and fewer chemical bonds was formed between the hydrophilic and hydrophobic surfaces, resulting in less storage time of product at room temperature. Of course, this problem was less significant in L10 treatment, but in L30 and L40 treatments an inappropriate texture were found. The amount of omega-3 residues was zero in L10 and L20 treatments and was not detected by chromatography device, which indicated an inadequate ratio of antioxidant and flaxseed powder. However, since the maximum allowed antioxidants were used in chocolate, more amount of flaxseed should be used, so that as L30 and L40 treatment this fatty acid remains in the chocolate and does not oxidize. Also, by increasing the amount of flaxseed powder in treatments, viscosity also increased, due to the large size of particles and the lack of adequate bonding between hydrophilic and hydrophobic parts. Of course, this indicator was so high in L40 treatment that a

1 and 2. M.Sc Student and Assistant Professor, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran..
(*Corresponding Author Email: sadollahi@iauvaramin.ac.ir)

problem was even created in molding. The texture analysis behavior of the chocolate indicated that the chocolate texture was loose in L40 treatment so that it lacked the value of production. The texture of this treatment was so loose that it became doughy at ambient temperature. In terms of sensory properties, a significant difference was found between the treatments and the control sample, indicating a decrease in the quality of chocolate produced. Overall, L40 treatment score was low due to so weak and doughy texture, inappropriate and bitter taste, the relatively dark color and the presence of many large pieces of flaxseed powder on chocolate. Therefore, its production does not seem logical, despite the proper amount of omega-3. L30 treatment had more desirable condition, but here, the texture was relatively loose too due to the presence of coarser flaxseeds. Of course, covering the bitter taste of flaxseed with sugar and dry milk powder and vanilla improved the opinion of the experts and increased their scores. It is noteworthy that the appearance and color of the product had better quality than L40 treatment. Regarding L10 and L20 treatments, although the scores of experts were better and they had better texture, color and flavor than two L30 and L40 treatments, but they did not have justifiable production due to the lack of remaining omega-3 in them that was the main purpose of this study. Totally, considering all properties, L30 treatment was introduced as the best treatment.

Keywords: Milk Chocolate; Linseed powder; Omega-3; Physiochemical properties.